十字花科蔬菜的雄不稔性簡介

農試所園藝組 林子凱 王三太 王毓華

一、前言

十字花科蔬菜為世界重要蔬菜，國際種苗業者均致力於相關種苗研發工作，臺灣種苗業亦由早期之委託採種進展至積極開發新品種之行列，多年來在臺灣亞熱帶環境下開發出之品種因具早熟耐熱性狀，產品與歐美日等國品種有區隔而具相對競爭力。然而目前十字花科蔬菜大都利用自交不親和性之自交系進行F1採種，但存在雜交率不穩定、親本自交系繁殖不易、自交弱勢致採種量低以及優良親本未必具自交不親和性等瓶頸，若開發雄不稔品系則極具潛力可解決上述問題。

二、雄不稔的產生途徑

植物的雄不稔性常存在自然界當中，如(圖一A,B)即為筆者於蘿蔔天然族群中發現的雄不稔株；植物既存的雄不稔性是否為物種強迫雜交而進化之原動力亦為許多植物學家探討的課題之一，據Kaul(1988)之統計，當時已發現六百餘個植物雄不稔之案例，其中以雙子葉植物為主，而於十多年後的今日，隨著科技的發展及生物技術的進步，相信不論是自然產生或人為創造的例子均大幅增加。

歸納而言，雄不稔之類型大致分為可遺傳性與不具遺傳性的兩大類，其表現型通常為孢子發生時之異常而無法產生花粉（圖二A,B）、產生花粉卻失去功能或花器結構之改變等。不具遺傳性的雄不稔主要僅受外在環境的影響，諸如溫度、光強度、光週期、化學除雄劑等，一旦外在環境等干擾因素消除，植物體的雄性器官便恢復其正常功能；而可遺傳的雄不稔主要受制於基因的控制，有時亦伴隨著基因與環境間的交感作用。站在育種的角度為求特性能穩定的表現並減小環境造成的影

作者：林助理研究員子凱
連絡電話：04-23302301-308

圖一(A)、雄不稔株花藥白化萎縮（蘿蔔）。

圖一(B)、雄可稔株花藥飽滿（蘿蔔）。

響，因此可遺傳的雄不稔性成為主要的研究方向。

三、雄不稔性的產生途徑

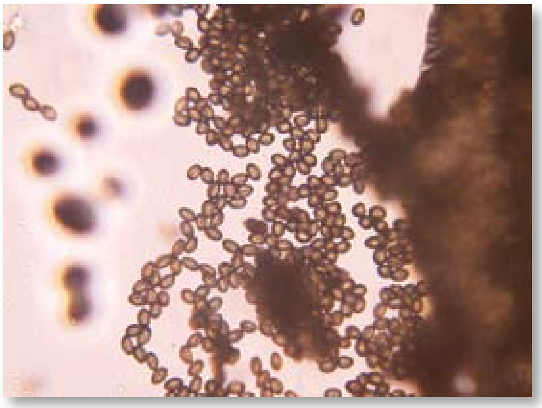
(一) 自然發生

許多雄不稔的發現是由自然界的原始族群發現的，十字花科中如Ogura(1968)於鹿兒島的野生蘿蔔中發現了雄不稔單株，此外，中國華中農業大學傅廷棟則於甘藍型油菜(*B. napus*)的Polima品種中發現雄不稔性株。

(二) 品種間雜交

進行育種的雜交過程中偶然可以產生雄不稔株，如Shiga and Baba(1971)在進行甘藍型油菜育種工作時，發現利用Chisayanatane品種與Hokuriku23品種雜交，後裔可出現雄不稔株。

圖二(A)、雄不稔株花粉敗育，花藥內無花粉粒。



圖二(B)、雄可稔植株花藥開裂並可含多量花粉粒。

(三) 種間或屬間雜交

利用遠緣雜交一直是產生雄不稔性的有效途徑之一，十字花科蔬菜種間雜交如黑芥*B. nigra* × 甘藍*B. oleracea*，屬間雜交如*D. muralis* × *B. campestris*均有產生雄不稔的例子，其產生的原因可能為遺傳背景較遠而基因間不協調所造成，利用種間或屬間雜交雖可誘發雄不稔性，但也常伴隨一些不良園藝性狀，如結實率降低、蜜腺功能不正常等而失去利用價值，育種者也積極利用連續回交的方式改善相關問題。

(四) 利用誘變及基因轉移

利用物理或化學的方式使基因突變而產生雄不稔性，基因突變可能發生於細胞核層次及細胞質層次，誘變處理中以X-rays照射及化學誘變劑EMS獲得的雄不稔株例子較多，此外，分子生物學上利用基因的調控甚至將雄不稔相關基因選殖後轉移至目標作物上，均可能創造出新的雄不稔遺傳資源。

四、雄不稔性的遺傳機制與採種的關係

除了細胞核之外，植物DNA亦存在葉綠體及粒腺體等胞器中而有所謂的細胞質遺傳，因此由雄不稔性基因存在位置之不同，可將雄不稔基因型分為細胞核基因控制、細胞質基因控制及兩者相互控制(核質互作型)等三類。根據遺傳方式之不同而分別有不同的採種模式：

(一) 當雄不稔基因僅位於細胞核時，採種模式如圖三（A） 所示，假設雄不稔基因為隱性ms，近同源系且異質結合的Msms植株可維持該品系的雄不稔性及其他園藝性狀，每次雜交的後裔均有50%的可稔株與50%的不稔株，欲生產F1種子時，須於母本品系開花前拔除50%可稔株（Msms）再與父本雜交，F1雜種可能全為可稔株或部分可稔株。

(二) 當基因型為核質互作型時，採種模式如圖三（B）所示，當雄不稔細胞質S配合細胞核內隱性的恢復基因rfrf，則表現雄不稔性；反之，正常的細胞質N或細胞核內含顯性恢復基因RF則表現雄可稔，採種時母本均為不稔株，而F1之稔性可由父本的基因型控制。

(三) 細胞質型雄不稔則不受核基因的影響，母本或雜交F1均為100%雄不稔。

上述三者之中，核質互作型雄不稔在遺傳上雖較複雜，但母本均為雄不稔因此不需拔除可稔株故於雜種F1生產時較方便，此外F1之稔性可視需要由父本控制，為理想的三系雜交模式，至於細胞質型雄不稔則僅可用於非生產種子為目的之作物上。

五、雄不稔的利用

(一) 種內的利用

於自然族群中發現的雄不稔株，除雄不稔性之外，往往保有該原始族群的園藝性狀且對於環境已具一定的適應力，故此等材料較能直接用於育種之工作，前述十字花科所發現的蘿蔔Ogura cms與甘藍型油菜Polima cms即屬此類。Ogura雄不稔細胞質普遍存在於日本野生蘿蔔族群當中，但在栽培種卻顯少具此細胞質，然而通過雜交就很容易選育出可利用的雄不稔品系，因此目前在蘿蔔育種上扮演重要的角色，而早在30年前此雄不稔特性已引入法國的紅皮蘿蔔品種中進行採種工作，同樣地，利用Polima雄不稔細胞質改良甘藍型油菜也很普遍，約20年前就用之培育出低芥酸的油菜品種。

(二) 種間的利用

一個優良的雄不稔系統是育種家夢寐以求的，然而並非十字花科的每個作物均能找到合適的雄不稔源，進行遠緣雜交為轉移性狀的途徑之一，為此，許多研究均將上述Ogura與Polima雄不稔細胞質經種間雜交、屬間雜交或原生質融合的方式轉移至其他十字花科作物上，因此目前已培育許多雄不稔細胞質的青花菜、花椰菜、結球白菜、不結球白菜、甘藍等品系以提升各作物的採種效率。

六、利用雄不稔性可能遭遇的瓶頸

雖然雄不稔性之利用對十字花科蔬菜育種及採種帶來美好的願景，但實際應用時仍可能遭遇一些問題而需審慎評估：

(一) 雄不稔性轉移後產生不良性狀

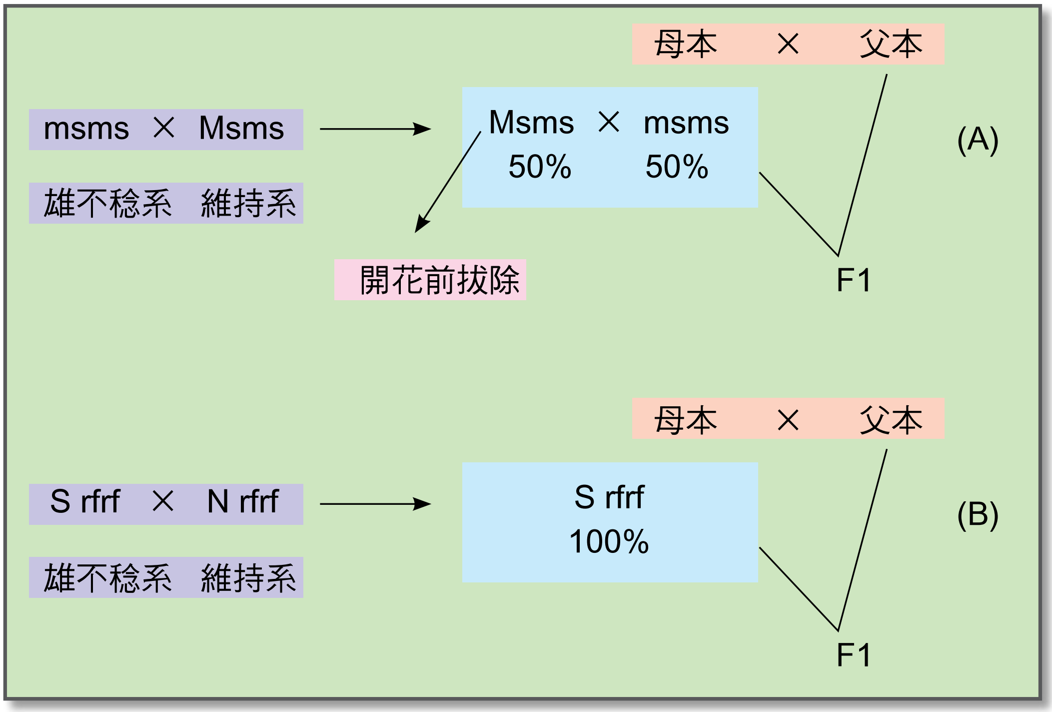
遠緣雜交時，可能由於物種間的基因不協調、遺傳背景差異過大導致雜種後裔出現不良性狀，如部份研究發現Ogura細胞質轉至甘藍或甘藍型油菜時，後裔於低溫環境下會有葉片黃化的現象，甚至經連續回交此黃化現象未能明顯改善，而有些雄不稔性轉移後代則缺乏蜜腺失去吸引媒介昆蟲的能力。

(二) 雄不稔性的穩定性

十字花科的自交不親和性可能受環境影響而改變，事實上，部分雄不稔亦有類似現象，如Polima cms也會受溫度影響改變其稔性，有些在高溫環境下不稔，有些則表現在低溫環境下，雖也存在對溫度頓感的穩定雄不稔單株但其比例相對少了許多。

(三) 雄不稔是否具有足量的恢復系與維持系

依據採種模式而言，核質互作型雄不稔似乎為理想的三系配套採種模式，然該模式需有足量的維持系與恢復系才能擴大其利用，尤其對採收種子的作物如油菜，恢復系更顯得相對重要，然而有些雄不稔細胞質轉移至其他作物後，不易於目標作物的細胞核內找到相對應的恢復基因，如Ogura細胞質即是如此。此外，亦有許多雄不稔細胞質類型難以找到其維持系以培育雄不稔母本而無法加以利用。



圖三、雄不稔性之採種模式：(A)細胞核基因雄不稔(B)核質互作型雄不稔。

(四) 雄不稔性與不良園藝性狀連鎖

當雄不稔基因與不良性狀基因連鎖時，往往難以突破而失去利用價值，世界上有名的例子為玉米的Texas cms即與玉米葉斑病(Race T of *Bipolaris Maydis*)的致病基因連鎖，而十字花科方面則有部分研究指出某些雄不稔系統與雜種優勢或油菜含油量等重要性狀呈負相關。

七、結語

蔬菜品種改良為農業科技研究的重要項目之一，在臺灣之天然環境條件下，選育耐熱、抗病蟲的十字花科一代雜交種，不僅可以滿足國人的消費需求，且培育出的品種仍具世界競爭力，而雄不稔性的利用為相關育種工作提供了另一條途徑，相較於國際農業研究趨勢，對於本土化雄不稔系統之開發或雄不稔系之引進利用仍嫌不足，因此在國內雄不稔性研究正起步之同時，若針對國外研究中所遭遇的瓶頸視為重點加以克服，將使十字花科蔬菜育種工作更加上層樓。

八、參考文獻

Kaul, M. L. H. 1988。Male Sterility in Higher Plants 。Springer-Verlag, Berlin Heidelberg。1005 PP.。

Ogura H 。1968。 Studies on the new male-sterility in Japanese radish with specific reference to the utilization of this sterility towards the practical raising of hybrid seeds。 Mem Fac Agric Kagoshima Univ 6:39－78。

Shiga T, Baba S 。1971。 Cytoplasmic male sterility in rape plants (*Brassica napus* L.)。 Jpn J Breed 21:16－17。